

Penyelesaian *Mechanical Fault* di Mesin *Ring Spinning* dengan Pendekatan *Pareto Diagram* dan *Fishbone*

Fajar Pitarsi Dharma¹, Hamdan S Bintang², Hendri Pujiyanto³, Bambang Yulianto⁴, Irma Prawidana⁵

^{1, 2, 3, 4} Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta, Surakarta

Email korespondensi: fajarpd93@gmail.com

Abstrak

Proses Pemintalan benang menurut pembuatannya bisa dibagi menjadi tiga, diantaranya adalah pemintalan *Airjet*, pemintalan *Open-End*, dan pemintalan *Ring Spinning*. Didalam industri pemintalan pengendalian kualitas dan standar produksi adalah salah satu hal yang tidak bisa terpisahkan dan sangat penting untuk menghasilkan benang yang memiliki mutu tinggi sesuai dengan keinginan konsumen. Tujuan penelitian ini adalah untuk menyelesaikan permasalahan penurunan kualitas benang yang diakibatkan oleh *mechanical fault* atau bagian mesin. Metode penelitian ini adalah metode penyelesaian dengan menggunakan pendekatan *pareto* dan *fishbone* diagram. Hasil *Uster Evenness Tester* antara hasil benang yang *bottom apronnya* normal, *bottom apron* yang sobek, serta *bottom apron* yang bolong menunjukkan perbedaan IPI antara ketiganya. Perbandingan kualitas standar benang antara *bottom apron* yang normal dan *bottom apron* yang sobek maupun bolong kemudian dapat disimpulkan bahwa dengan *bottom apron* normal, kualitas *unevenness* (9,44%) lebih bagus dibandingkan dengan standar kualitas U% (9,5%), sedangkan untuk hasil pengujian *unevenness* dengan *bottom apron* bolong dan sobek secara berturut-turut adalah 9,68% dan 9,64%, dengan hasil tersebut, bahwa *bottom apron* sobek dan *bottom apron* bolong tidak boleh dipakai dan harus segera diganti karena akan menjadikan U% tidak standar. Hasil yang diperoleh adalah penyebab dari *bottom apron* yang rusak adalah karena seringnya Lapping dan karena usia apron sudah mencapai batas maksimalnya. Penyelesaian untuk permasalahan ketidakrataan benang yang disebabkan oleh *bottom apron* yang rusak adalah dengan cara mengganti yang baru.

Kata Kunci: kualitas benang; ketidakrataan; IPI; thin; thick; neps

Abstract

The yarn spinning process according to its manufacture can be divided into three, namely *Airjet spinning*, *Open-End spinning*, and *Ring Spinning*. In the spinning industry, quality control and production standards are inseparable and very important to produce high-quality yarn according to consumer demand. The purpose of this study was to solve the problem of yarn quality degradation caused by mechanical faults or machine parts. This research method is a settlement method using the Pareto approach and fishbone diagrams. The results of the *Uster Evenness Tester* between the yarn results with a normal bottom apron, a torn bottom apron, and a perforated bottom apron show the difference in IPI between the three. Comparison of the standard quality of yarn between a normal bottom apron and a torn or perforated bottom apron, it can be concluded that with a normal bottom apron, the quality of *unevenness* (9.44%) is better than the quality standard U% (9.5%), while for The results of the *unevenness* test with a torn and torn bottom apron are 9.68% and 9.64%, respectively, with these results, that a torn bottom apron and a perforated bottom apron should not be used and must be replaced immediately because it will make the U% non-standard. . The results obtained are that the cause of the bottom apron being damaged is due to frequent lapping and because the age of the apron has reached its maximum limit. The solution to the problem of uneven threads caused by a damaged bottom apron is to replace a new one.

Keywords: yarn quality; unevenness; IPI; thin; thick; neps

1. Pendahuluan

Industri manufaktur masih menjadi antesenden dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia (Kemenperin, 2021). Salah satu industri manufaktur yang mempunyai kekuatan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi adalah industri tekstil dan produk tekstil (Kemenperin, 2022). Industri pemintalan merupakan industri tekstil hulu yang mengolah serat menjadi benang (Dharma et al., 2019). Pembuatan benang atau pemintalan benang adalah proses kedua setelah serat terbentuk. Pembuatan benang adalah proses mengubah serat menjadi benang, serat yang dimaksud adalah kapas, wol, rami, rami, nilon, dan poliester yang kemudian dipintal sebagai benang dengan serat tunggal atau benang dengan beberapa serat campuran. Pemintalan benang menurut proses pembuatannya bisa dibagi menjadi pemintalan *Airjet*, pemintalan *Open-End*, dan pemintalan *Ring Spinning* (Goyal & Nayak, 2019). Didalam industri pemintalan pengendalian kualitas dan standar produksi adalah salah satu hal yang tidak bisa terpisahkan dan sangat penting untuk menghasilkan benang yang memiliki mutu tinggi sesuai dengan keinginan konsumen (Dharma, Ikatrinasari, et al., 2019). Pengendalian kualitas tersebut meliputi pengecekan nomor benang, pengecekan ketidakrataan benang, pengecekan *twist* (TPI), *hairness*, dan kekuatan tarik benang sesuai dengan standar yang diinginkan konsumen (Xia & Xu, 2013). Maka dari itu diperlukan pemantauan kualitas oleh bagian *laboratorium* agar meminimalisir kesalahan yang terjadi pada proses selanjutnya.

Berikut adalah tabel laporan hasil dari pengecekan pengendalian kualitas.

Tabel 1. Tabel Pengendalian Kualitas

Keterangan	Standard	Hasil
Kekuatan Tarik (<i>Stenght</i>)	480	486
<i>Hairness</i>	194	193,55
<i>Twist</i> (TPI)	17,43	17,48
Ne	29,5 - 29,9	29,56
U%	9,5	9,68

Salah satu parameter kualitas benang adalah kekuatan tarik dan mulur. Jika hasil kekuatan tarik / *strenght* semakin tinggi maka benang yang dihasilkan semakin bagus dan kebalikan dengan *hairiness* atau bulu, jika *hairness*/bulu semakin tinggi maka benang yang dihasilkan tidak bagus yang nantinya akan berakibat menjadi benang berbulu (Dharma, Ikatrinasari, et al., 2019). Pada tabel 1 dapat terlihat bahwa perbedaan penyimpangan kualitas benang antara *standard* yang digunakan serta laporan hasil pengujian menunjukkan bahwa pada ketidakrataan (U%) memiliki penyimpangan nilai yang cukup tinggi (9,68%) dibandingkan dengan standard (9,5%). Maka dari itu perlu adanya perbaikan kualitas ketidakrataan benang (U%) agar kualitas benang dapat diperbaiki dan sesuai dengan *standard*. Ketidakrataan benang adalah tingkat yang memperlihatkan penyimpangan berat per satuan panjang dari hasil rata – rata benang yang diuji. Ketidakrataan benang merupakan salah satu parameter utama untuk mengevaluasi kualitas benang (Zhong et al., 2015). Ini dapat menyebabkan perbedaan kualitas yang melekat dan menyebabkan penurunan tegangan, ketahanan abrasi dan kekencangan kain (Zhong et al., 2015). Terlebih lagi, itu juga dapat menghasilkan tingkat kerusakan benang yang tinggi dan menghasilkan tampilan bayangan pada hasil kenampakan kainnya (Zhong et al., 2015). Pada umumnya tingkat ketidakrataan benang dapat dipengaruhi oleh faktor bahan baku, kondisi mesin, karyawan, dan kondisi lingkungan. Ketidakrataan benang ini dapat dicek melalui alat yang bernama *uster eveness tester* yang nantinya akan menghasilkan hasil uji berupa data *U%*, *thick*, *thin*, dan *neps*.

2. Landasan Teori

Pemintalan merupakan proses tekstil yang mengubah bahan baku menjadi bahan setengah jadi. Bahan baku yang dimaksud bisa berasal dari serat alam (kapas, wool, henep, jute, sutera) ataupun

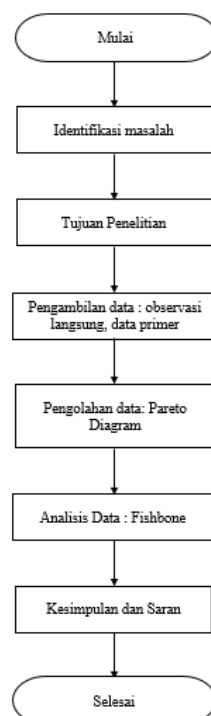
serat buatan (polyester, nilon, dll.) (Goyal & Nayak, 2019). Proses pembuatan benang menurut pembuatannya dapat dikategorikan menjadi 3 macam benang, diantaranya benang *Ring Spinning* yang dibuat dengan mesin *Ring Spinning*, benang *Open-End* yang dibuat dengan mesin *Open-End* atau *Rotor* (Pujianto et al., n.d.) dan benang *Air-Jet* yang dibuat dengan mesin *Air-Jet Spinning* (Dharma, Ikatrinasari, et al., 2019; Goyal & Nayak, 2019; Pujianto et al., n.d.). Proses pembuatan benang dengan menggunakan beberapa tahapan mesin mengharuskan adanya pengendalian proses tiap tahapan dari mulai serat terbentuk *sliver* sampai menjadi benang. Pengendalian proses yang paling penting adalah pengendalian kualitas.

Kualitas benang adalah konsep penting yang ditentukan oleh pelanggan yang menginginkan kepuasan (*customer satisfaction*). Benang dapat dikatakan berkualitas bagus apabila benang tersebut memenuhi beberapa standar kualitas yang sesuai dengan harapan konsumen, diantara parameter kualitas benang tersebut adalah nomor benang atau Ne, ketidakrataan (*unevenness*), kekuatan dan mulur (*strength*), bulu (*hairiness*), *twist per inch (TPI)*, *crinkle*, dan *Inperpection index (IPI)*. Parameter kualitas tersebut harus diketahui agar dapat menghasilkan benang yang sesuai dengan keinginan konsumen dan berkualitas tinggi (Faulkner et al., 2012a; Kelly et al., 2013; Kotb, 2012).

Ketidakrataan benang merupakan salah satu parameter kualitas benang dengan satuan U%. Semakin tinggi angka dalam U% maka benang tersebut semakin tidak rata yang diukur dari persentase benang tidak rata dari total benang yang diuji (Dharma, Ikatrinasari, et al., 2019; Xia et al., 2011; Zhong et al., 2015). Ketidakrataan benang juga merupakan salah satu parameter penting untuk menentukan, menghitung kekencangan dan ketebalan kain (Zhong et al., 2015). Hal tersebut akan berpengaruh terhadap *hand-feel* dan *appearance* dari kain (Dharma, Hardiman, et al., 2019).

3. Metodologi

Metodelogi yang dilakukan oleh penulis untuk mengetahui bagaimana kualitas ketidakrataan benang TR Ne 30 KT 65/35 adalah dengan menggunakan alat uji bernama *uster evenness tester* untuk mengetahui *thin, thick, neps*, dan juga menggunakan papan *planofil* untuk mengetahui visual pada ketidaktrataan benang.

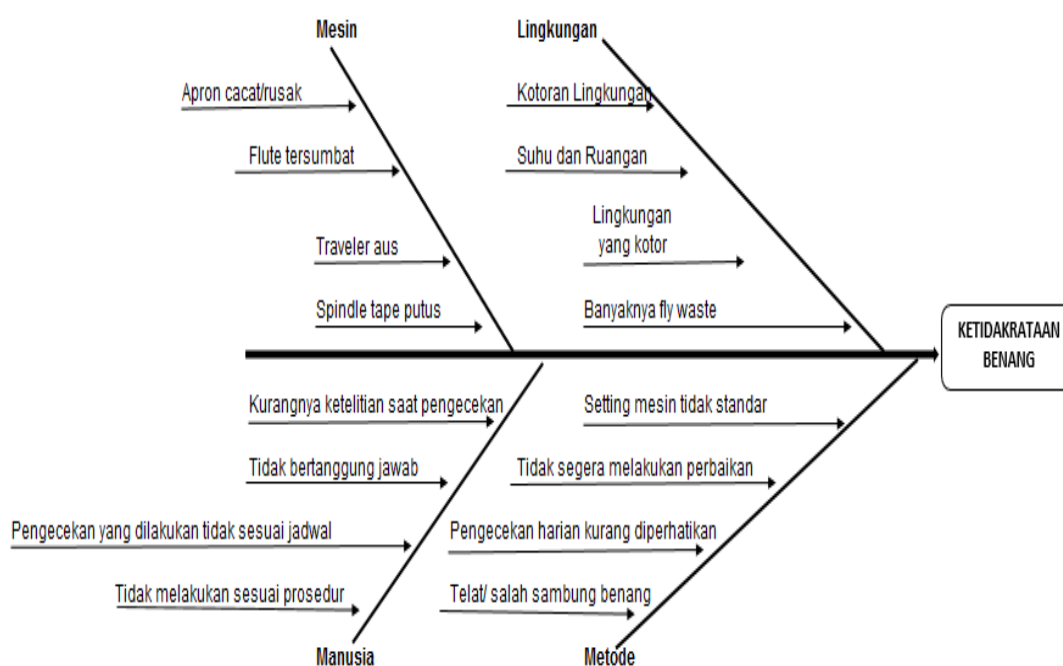


Gambar 1. Alur Penelitian

Penelitian ini terbatas kepada parameter yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan, yaitu parameter ketidakrataan atau $U\%$. Pengujian ketidakrataan dilakukan menggunakan alat uji *uster evenness tester* dan papan *planofil*. Diameter benang, atau ketebalan benang, adalah parameter yang sangat penting yang berkaitan dengan produksi pemintalan dan kelancaran proses pertenunan (Z. Li et al., 2015). Untuk menentukan kerataan benang biasanya digunakan metode kapasitansi. Peralatan representatif yang digunakan dalam metode kapasitansi adalah USTER evenness tester, yang dapat menentukan koefisien ketidakrataan variasi, nomor tempat tebal, nomor tempat tipis, dan nomor nep (J. Li et al., n.d.).

4. Hasil dan Diskusi

Berikut adalah *fishbone* diagram untuk mengetahui penyebab ketidakrataan benang:



Gambar 2. Fishbone penyebab ketidakrataan benang

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai *fishbone diagram* di atas yang terbagi menjadi faktor lingkungan, metode, mesin dan manusia:

a. Lingkungan

Suhu dan RH ruangan juga harus diperhatikan dengan baik. Di unit AB PT Delta Duniatex suhu dan RH ruangan sudah sesuai dengan kondisi standar yaitu dengan suhu 29 – 31 derajat celcius dan RH 58 – 61 %. Semakin rendah RH semakin tinggi *cut winding* dan *hairiness* (Gulsevinctler et al., 2020; Kinkeldei et al., 2011) yang tinggi pula. Semakin tinggi suhu maka nantinya akan semakin banyak *lapping*. Lingkungan di sekitar area mesin *ring spinning* juga harus tetap terjaga kebersihannya supaya benang dapat terhindar dari *fly waste*. Di PT Delta Duniatex II kebersihan lingkungannya sudah terjaga dengan baik karena penjadwalan pembersihan, perawatan, serta pemeliharaan dilaksanakan dengan teratur sesuai jadwal.

b. Metode

Faktor metode yang mempengaruhi ketidakrataan benang pada mesin *ring spinning* (Faulkner et al., 2012a; Gulsevinctler et al., 2020) adalah pengecekan harian yang kurang diperhatikan serta

penanganan perbaikan mekanik yang kurang memadai. Jika terjadi kerusakan dan tidak segera ditangani maka nantinya akan menimbulkan masalah yang dapat mengganggu proses produksi yang sedang berlangsung.

c. Manusia

Faktor manusia yang mempengaruhi ketidakrataan benang adalah kurangnya ketelitian saat pengecekan. Namun dari hasil pengamatan yang penulis dapat operator pada bagian mesin *ring spinning* sudah terlatih dan berpengalaman dalam menanganani masalah yang terjadi pada mesin *ring spinning* (Faulkner et al., 2012b). Apabila operator tidak bisa menangani masalah mesin yang cukup berat maka operator akan meminta bantuan pada pihak mekanik.

d. Mesin

Salah satu faktor pemicu dari ketidakrataan benang yaitu disebabkan karena *bottom apron* yang cacat. *Bottom apron* yang cacat dapat berpengaruh terhadap kualitas *IPI* yang melebihi *standard*. Sehingga dapat menimbulkan benang yang tebal tipis serta banyaknya *cut* yang terjadi pada mesin *winding* yang nantinya akan mempengaruhi efisiensi produksi.

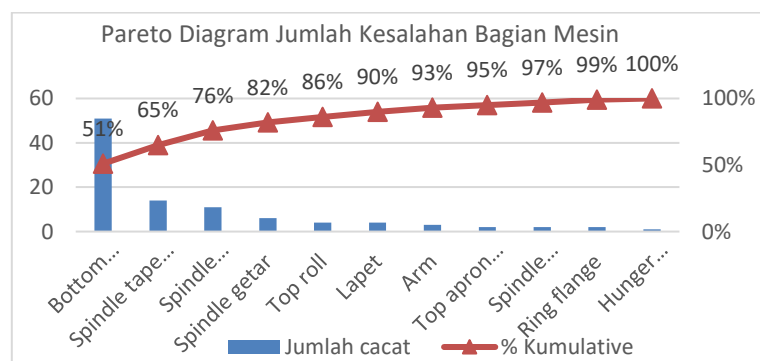
Penulis melakukan pengecekan mesin harian pada tanggal 15 Maret 2021 tentang permasalahan yang terjadi pada mesin *ring spinning* yang akan disajikan pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Pengolahan *Idle* Data

No	Jenis Penyimpangan	Line						Jumlah
		A	B	C	D	E	F	
1	<i>Bottom apron</i> cacat	23	11	-	3	2	12	51
2	<i>Top apron</i> cacat	1	-	-	1	-	-	2
3	<i>Top roll</i>	2	1	-	-	1	-	4
4	<i>Spindle</i> getar	3	3	-	-	-	-	6
5	<i>Spindle</i> macet	1	-	1	-	-	-	2
6	<i>Spindle tape</i> putus	1	4	2	2	2	3	14
7	<i>Hunger roving</i>	1	-	-	-	-	-	1
8	<i>Ring flange</i>	1	-	-	-	-	1	2
9	<i>Lapet</i>	-	1	3	-	-	-	4
10	<i>Arm</i>	1	-	2	-	-	-	3
11	<i>Spindle</i> tidak center	4	3	1	-	-	3	11

Sumber: Laborat Unit AB PT Delta Duniatex II

Dari data diatas, maka dibuatlah diagram pareto untuk mengetahui seberapa besar presentasi tiap masalah terhadap penyelesaian masalah, untuk memudahkan deskripsi penyelesaian dari masing-masing masalah yang timbul.



Gambar 3. Diagram Pareto jumlah kesalahan bagian mesin

Diagram pareto gambar 3 menunjukkan masalah tertinggi adalah pada *bottom apron* dan berdampak pada dapat disimpulkan bahwa faktor dominan dari ketidakrataan benang adalah

bottom apron yang berkontribusi 51% terhadap keseluruhan kesalahan bagian mesin yang terjadi. Kesalah mesin tersebut adalah cacatnya *bottom apron* yang salah satunya karena kecepatan putaran apron atas dan bawah tidak stabil dan tingkat slip di antara keduanya besar (Günaydin et al., 2018; Harpa, n.d.). Untuk menghindari masalah – masalah yang akan terjadi yang disebabkan oleh *bottom apron* yang cacat maka perlu dilakukan perawatan *bottom apron* oleh *maintanance* sebagai berikut:

1. *Bottom apron* harus rutin dicuci selama 2 bulan sekali dengan menggunakan *tipol*.
2. Selalu melakukan pengecekan pada *bottom apron* apakah masih layak digunakan atau tidak.
3. Melakukan *scouring* sesuai jadwal untuk mengetahui kondisi *bottom apron*.
4. Mengganti *bottom apron* lama dengan yang baru jika sudah melebihi batas pemakaian yang telah ditentukan.
5. Pemasangan *bottom apron* juga harus sesuai dengan *standard* dan pastikan *bottom apron* layak pakai.

Berikut ini merupakan spesifikasi *Bottom apron Ring Spinning*:

1. Merk : WRA (*Waxi Rubber Apron*)
2. Warna : Hitam
3. Panjang : 83 mm
4. Lebar : 30 mm
5. Tebal : 0,9 mm
6. *Life Time* : 12 bulan
7. Jadwal Perawatan : Setiap *scouring* (2 bulan sekali)

Sebelum menjadi benang *ring spinning* ada beberapa proses yang harus dilalui. Salah satunya adalah hasil dari mesin *roving* yang berupa *sliver roving* yang akan disuapkan pada mesin *ring spinning* yang selanjutnya akan dirubah menjadi gulungan benang dalam bentuk *cop*. Sebelum benang *ring spinning* diproses ke tahap selanjutnya maka diperlukan beberapa pengecekan untuk mengetahui kualitas benang yang diproduksi , salah satunya yaitu pengecekan ketidakrataan benang. Faktor penyebab ketidakrataan benang yang penulis ambil untuk diuji adalah faktor *bottom apron* yang cacat. Berikut adalah beberapa hal yang dapat mengakibatkan *bottom apron* cacat adalah 1) kualitas *apron* yang tidak bagus, 2) *life time* (usia *apron* yang melampaui batas), batas waktu penggantian *apron* baru yaitu selama 12 bulan, dan batas waktu jadwal penggantian *apron* per mesin yaitu setiap kali *scouring* atau 2 bulan sekali, 3) *Lapping* yang terlalu banyak yang terjadi di *bottom roll* maupun *top roll*. Penyebab terjadinya *lapping* adalah a) *RH* dan suhu tidak sesuai standar, b) benang tidak tersambung dengan baik c) *section flute* yang tersumbat d) adanya *waste* pada *apron*.

Kerataan benang adalah faktor yang sangat penting dalam menunjang kualitas benang. Tingkat ketidakrataan benang yang dihasilkan oleh proses di mesin *ring spinning*, masih mempunyai penyimpangan yang cukup tinggi. Ketidakrataan benang yang diproduksi akan membawa sekurang – kurangnya dua hal yang tidak dikehendaki, diantaranya 1) benang cenderung putus pada titik yang terlemah dan titik – titik ini berada pada rangkaian tempat yang tipis pada benang, dan 2) jumlah dan ukuran *frekuensi* tempat – tempat yang tebal dan tipis merupakan ukuran tingkat ketidakrataan yang sangat menurunkan kekuatan benang. Sifat ketidakrataan benang akan terbawa terus sampai dengan ditenun dan ini merusak kenampakan kain yang akan diproses. Kerusakan pada *bottom apron* juga akan sangat berpengaruh terhadap proses selanjutnya terutama pada proses di mesin *winding*. Pada mesin *winding* nantinya akan terjadi banyaknya penge – *cut*- an dikarenakan benang yang tebal tipis yang mengakitnya turunnya *efisiensi* produksi. Pada laporan ini penulis mengambil pokok permasalahan mengenai jenis kerusakan pada *bottom apron* antara lain seperti *bottom apron* yang sobek, dan *bottom apron* yang bolong.

Setelah dilakukan pengamatan, maka dihasilkan beberapa perbandingan hasil uji menggunakan alat *Uster Evenness Tester* (J. Li et al., n.d.; Liu et al., 2012) antara hasil benang yang *bottom apronnya* normal, *bottom apron* yang sobek, serta *bottom apron* yang bolong yang mengakibatkan perbedaan hasil IPI antara yang normal dan tidak. Perusahaan tidak memiliki standart tertentu namun perusahaan memiliki target IPI nya (*Thin, Thick, Neps*) tidak boleh melebihi 30% sedangkan untuk U% tidak boleh melebihi 9,5%. Ketidokrataan juga dapat diketahui dengan jelas jika dilihat menggunakan mesin. Pengujian ketidokrataan benang dilakukan sebanyak 6 kali uji menggunakan alat *uster evenness tester*

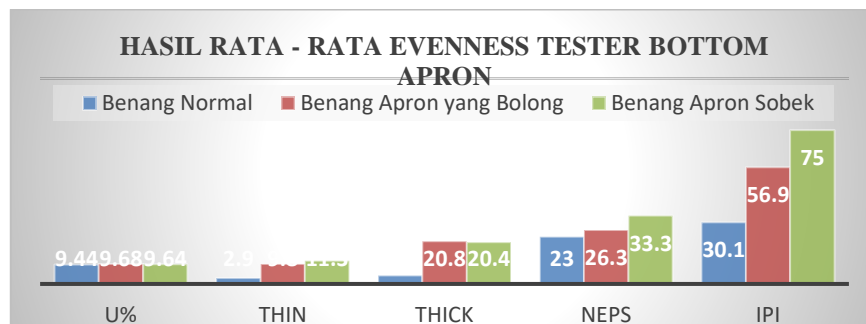
Berikut ini merupakan hasil dari pengesanan ketidokrataan benang pada mesin *ring spinning type JWF 1508* tahun 2013 untuk proses TR Ne 30 KT 65/35 yang menggabungkan rata-rata dari ketiga hasil pengujian dengan apron yang berbeda.

Tabel 3. Tabel Rata – Rata Hasil Uji Evenness Tester

No	Jenis Benang	U%	CV%	Thin	Thick	Neps	IPI
1	Benang Dengan Apron Normal	9,44	11,41	2,9	4,2	23	30,1
2	Benang Dengan Apron Yang Bolong	9,68	12,47	9,8	20,8	26,3	56,9
3	Benang Dengan Apron Yang Sobek	9,64	12,44	11,3	20,4	33,3	75

Sumber : Laborat Unit AB PT Delta Duniatex II

Dari table 3, maka selanjutnya dibuat grafik hasil rata-rata evenness tester agar hasil dapat terlihat jelas secara visual.



Gambar 3. Diagram Batang Hasil Uster Evenness Tester

Hasil dari pengujian diatas dapat diketahui perbandingan kualitas standar benang antara *bottom apron* yang normal dan *bottom apron* yang sobek maupun bolong kemudian dapat disimpulkan bahwa dengan *bottom apron* normal, kualitas *unevenness* (9,44%) lebih bagus dibandingkan dengan standar kualitas U% (9,5%), sedangkan untuk hasil pengujian *unevenness* dengan *bottom apron* bolong dan sobek secara berturut-turut adalah 9,68% dan 9,64%, dengan hasil tersebut, bahwa *bottom apron* sobek dan *bottom apron* bolong tidak boleh dipakai dan harus segera diganti karena akan menjadikan U% tidak standar.

5. Kesimpulan

Ketidokrataan benang yang memiliki faktor dominan ada pada *bottom apron* cacat yang dapat sangat berpengaruh pada kualitas IPI yang tidak sesuai dengan standar yang sudah ditentukan. Sehingga pada *bottom apron* tersebut perlu diperhatikan dan diberikan perawatan sesuai dengan jadwal yang sudah ada atau dilakukan penggantian jika sebelum jadwal scouring terjadi *bottom apron* tersebut sudah rusak dan diganti dengan yang sudah dicuci. Penyebab dari *bottom apron* yang rusak adalah seringnya lapping, dan *life-time* (usia pemakaian apron) yang sudah kadaluarsa. Penyelesaian untuk permasalahan ketidokrataan benang yang disebabkan oleh *bottom apron* yang rusak adalah dengan cara mengganti yang baru.

Setelah penelitian ini, PT XYZ membuat standar prosedur untuk selalu melakukan *scouring* sesuai dengan jadwal yang sudah ditentukan yaitu 2 bulan sekali, dan hal tersebut termasuk dengan adanya penggantian *bottom apron* secara rutin sesuai dengan batas masa pakainya agar tidak terjadi lagi penurunan kualitas akibat cacat *bottom apron*. Dan PT XYZ juga membuat standar asesmen setiap hari mengenai bagian-bagian dari mesin *ring spinning* yang mengalami kerusakan, supaya kualitas kerataan benangnya dapat terjaga dengan baik.

Daftar Pustaka

- Dharma, F. P., Hardiman, H. D., Ikatrinasari, Z. F., & Purba, H. H. (2019). New development fiber material : use DoE approach to determine the best formula for blended fiber silk (Samiya Cynthia Riccini and Semi-Natural Fiber). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 508(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/508/1/012105>
- Dharma, F. P., Ikatrinasari, Z. F., Purba, H. H., & Ayu, W. (2019). Reducing non conformance quality of yarn using pareto principles and fishbone diagram in textile industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 508(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/508/1/012092>
- Faulkner, W. B., Hequet, E. F., Wanjura, J., & Boman, R. (2012). Relationships of cotton fiber properties to ring-spun yarn quality on selected High Plains cottons. *Textile Research Journal*, 82(4), 400–414. <https://doi.org/10.1177/0040517511426613>
- Faulkner, W. B., Hequet, E. F., Wanjura, J., & Boman, R. (2012). Relationships of cotton fiber properties to ring-spun yarn quality on selected High Plains cottons. *Textile Research Journal*, 82(4), 400–414. <https://doi.org/10.1177/0040517511426613>
- Goyal, A., & Nayak, R. (2019). Sustainability in yarn manufacturing. In *Sustainable Technologies for Fashion and Textiles* (pp. 33–55). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102867-4.00002-5>
- Gulsevinciler, E., Usal, M. R., & Yilmaz, D. (2020). The effect of humidified air on yarn properties in a jet-ring spinning system. *Tekstilec*, 63(4), 294–304. <https://doi.org/10.14502/Tekstilec2020.64.294-304>
- Günaydin, G. K., Soydan, A. S., & Palamutçu, S. (2018). Evaluation of cotton fibre properties in compact yarn spinning processes and investigation of fibre and yarn properties. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 26(3), 23–34. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0011.7299>
- Gupta, N. (n.d.). An Application of DMAIC Methodology for Increasing the Yarn Quality in Textile Industry. In *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering* (Vol. 6, Issue 1). www.iosrjournals.org
- Harpa, R. (n.d.). *OPTIMIZATION OF THE DRAFTING SYSTEM FOR THE RING SPINNING. PART II.*
- Kelly, C. M., Hequet, E. F., & Dever, J. K. (2013). Breeding for improved yarn quality: Modifying fiber length distribution. *Industrial Crops and Products*, 42(1), 386–396. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.018>
- Kinkeldei, T., Zysset, C., Cherenack, K. H., & Troster, G. (2011). A textile integrated sensor system for monitoring humidity and temperature. *2011 16th International Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conference, TRANSDUCERS'11*, 1156–1159. <https://doi.org/10.1109/TRANSDUCERS.2011.5969238>
- Kotb, N. A. (2012). Predicting Yarn Quality Performance Based on Fibers types and Yarn Structure. In *Life Science Journal* (Vol. 9, Issue 3). <http://www.lifesciencesite.com><http://www.lifesciencesite.com>.142
- Li, Z., Pan, R., Zhang, J., Li, B., Gao, W., & Bao, W. (2015). Measuring the unevenness of yarn apparent diameter from yarn sequence images. *Measurement Science and Technology*, 27(1). <https://doi.org/10.1088/0957-0233/27/1/015404>
- Li, J., Zuo, B., Wang, C., & Tu, W. (n.d.). *A Direct Measurement Method of Yarn Evenness Based on Machine Vision* (Vol. 10). <http://www.jeffjournal.org>
- Liu, J., Jiang, H., Pan, R., Gao, W., & Xu, M. (2012). Evaluation of yarn evenness in fabric based on image processing. *Textile Research Journal*, 82(10), 1026–1037. <https://doi.org/10.1177/0040517511431320>
- Mia, R., Habib-A-Rasul, S. S., Tasin, M. A. S., Mamun, M. A. al, Ahmed, M. F., & Ahmed, T. (2020). Statistical analysis of fiber quality to obtain a correlation between the fiber and yarn quality. *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, 6(6). <https://doi.org/10.15406/jteft.2020.06.00256>
- Pujianto, H., Dharma, P., Hindardi, D., & Tuwarno, T. P. (n.d.). Penentuan Setelan Rotor Mesin Open End Untuk Pembuatan Benang Ne 6 sebagai Upaya Jaminan Atas spesifikasi dan Kualitas Pada Workshop Pemintalan di Ak-Tekstil Solo. In *JOURNAL OF LABORATORY ISSN* (Vol. 4, Issue 2). Online.

- Uster Technologies AG. (2011). *Uster Tester 5 - The Yarn Inspection System*.
- Xia, Z., Wang, H., Wang, X., Ye, W., & Xu, W. (2011). A study on the relationship between irregularity and hairiness of spun yarns. *Textile Research Journal*, 81(3), 273–279. <https://doi.org/10.1177/0040517510380112>
- Xia, Z., & Xu, W. (2013). A Review of Ring Staple Yarn Spinning Method Development and Its Trend Prediction. In *Journal of Natural Fibers* (Vol. 10, Issue 1, pp. 62–81). <https://doi.org/10.1080/15440478.2012.763218>
- Zhong, P., Kang, Z., Han, S., hu, R., Pang, J., Zhang, X., & Huang, F. (2015). Evaluation method for yarn diameter unevenness based on image sequence processing. *Textile Research Journal*, 85(4), 369–379. <https://doi.org/10.1177/0040517514547211>